

# 실외기 기능 교번을 통한 착상 방지 및 지연에 대한 실증 연구

전 창 덕

충주대학교 기계공학과

## Feasibility Study on the Frost Prevention and Delay by the Method of Alternating the function of Outdoor Coil Rows

Chang Duk Jeon

Department of Mechanical Engineering, Chungju National University, 50 Daehak-ro, Chungju-si, Chungbuk 380-702, Korea

(2011. 03. 30 Received / 2011. 05. 07 Accepted)

**Abstract** : The object of this experimental study is to investigate the effect on frost prevention and delay by the method of alternating the function of outdoor coil rows under the frost conditions (2°C/1°C). The heat pump system with the new method can make frost delay time longer and eliminate frost effectively. It is withstand over 280 minutes without a conventional defrosting method. Maximum COP in case of adopting new method is 13% higher than that in case of reverse cycle defrosting method. Also in case of moving air injection duct faster, the frost delay time is lengthened and its COP is enhanced more.

**Key words** : Defrost(제상), Frost(착상), Heat Pump(히트펌프), Outdoor Coil(실외기 코일)

### 1. 서 론

에너지 자원 고갈에 따른 에너지비용의 상승 등으로 인해 히트펌프, 에어컨과 같은 냉동·공조 기기의 성능 향상을 통해 에너지를 절감할 수 있는 다양한 연구가 진행되어 왔다. 하나의 기기로서 냉난방 및 급탕을 할 수 있는 히트펌프 냉온수기(heat pump water heater)는 에어컨과 보일러 기능을 갖추고 있어 에어컨과 보일러를 대체가 가능하고 또한 보일러 사용에 따른 CO2 배출량을 줄일 수 있기 때문에 전 세계적으로 점차 사용이 확대되고 있다. 동절기 -2~5°C, 다습한 외기온도

조건에서 히트펌프를 사용할 경우 실외기 코일 표면에 서리가 형성되는 착상현상이 발생하며 착상이 발생하면 실외기 코일의 증발능력이 감소되어 난방능력의 급격한 감소를 가져오기 때문에 제상운전을 통해 서리를 주기적으로 제거해야 한다. 가장 일반적인 제상방법으로는 히트펌프를 냉방운전모드, 즉 실외기를 응축기로 작동시키는 역사이클(reverse cycle) 운전 방법이다. 히트펌프 냉온수기에서 역사이클 제상 방법을 사용하는 경우, 연속 난방이 불가능함은 물론, 제상 사이클 운전에서 소비되는 전력 낭비와 더불어 제상 과정 동안 생산된 냉수로 인해 성능이 가중적으로 감소하는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 가급적 착상이 늦게 진행되도록 실외

\* Corresponding author. E-mail: cdjeon@cjnu.ac.kr.

기 환 형상<sup>(1)</sup>, 부동액 도포<sup>(2)</sup>, 열교환기내장형 어큐뮬레이터 개발<sup>(3)</sup> 등 다양한 착상 지연 방법이 연구되고 있으나 아직까지 완벽하게 착상문제를 해결할 수 있는 방안이 제시되지 못하고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 효과적으로 해결하기 위해 3열로 구성된 실외기 코일에 압축기에서 토출된 고온 고압의 냉매 일부를 순차적으로 번갈아 가며 실외기 코일 열로 보냄으로서 연속난방과 동시에 실외기 코일에 착상된 서리를 제거할 수 있는 방법을 고안<sup>(4)</sup>하여 히트펌프 실외기 표면에 형성되는 착상의 억제 및 지연 효과를 분석하기 위한 실험을 수행하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

실험에 사용된 히트펌프 냉온기의 압축기는 copeland사 스크롤압축기로 정격능력 5HP 제품을, 수랭식 열교환기는 Alfa Laval사 정격난방능력 5HP 제품을 사용하였다. 실외기 송풍기는 유신코리아의 최대 풍량 120CMM의 3상 380V 송풍기를 사용하였으며 바이패스 냉매량 조절을 위해서는 Sporlan사의 SDR-3 전자식 핫가스 바이패스 밸브를 사용하였다. 또한 실외기 코일의 냉매유로 전환을 위해서는 실외기 코일 열 전단에 1개씩 총 3개의 삼방밸브를 사용하였다. Fig. 1은 실험장치의 구성도이다.

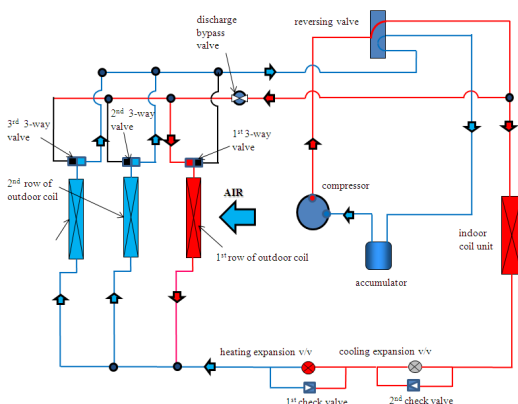


Fig. 1 Schematic diagram of test apparatus

### 2.2 실험방법

실험을 실시하기 전에 칼로리미터실의 온도를 KS C 9306<sup>(5)</sup>에 언급된 착상시험 조건(건구 온도 2℃/습구온도 1℃)에 맞춘 후 본 연구에서 제안된 제상-난방 회로를 가동하지 않은 상태로 난방능력, 소비전력 등을 측정하여 비교를 위한 성능분석 데이터를 취득한다. 이러한 조건에서 취득한 데이터를 기준 데이터로 삼아 제상 난방 회로를 가동하였을 때 취득한 데이터와 비교함으로써 실외기 코일 교번 방법에 의한 착상 억제 및 지연 효과를 분석할 수 있다. 실외기 코일 열 교번 방법은 모든 실외기 코일 열을 증발기로 20분간 작동시킨 후 1번 삼방밸브 개도를 전환하여 5분간 실외기 코일 1번열을 응축기로 작동시킨다. 그런 다음 다시 모든 실외기 코일 열을 증발기로 20분간 작동시킨 후 2번 삼방밸브 개도를 전환하여 5분간 실외기 코일 2번열을 응축기로 작동시킨다. 5분경과 후 실외기 코일 열 모두를 20분간 증발기로 작동시킨 후 최종적으로 3번 삼방밸브 개도를 전환하여 5분간 실외기 코일 3번열을 5분간 응축기로 작동시킴으로서 1 cycle의 제상-난방 회로를 완성한다.

바이패스 냉매량은 COP가 약 2.0 수준이 되도록 SDR-3 핫가스 바이패스의 밸브 개도 입력 전압을 조절하여 제어한다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 기준모델 시험결과

Fi. 2는 제상-난방 회로를 사용하지 않는 실험장치(기준 모델)에 대한 난방능력 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 난방능력은 실험장치 가동 후 약 60분을 전후해서 급격히 감소하였다. 따라서 기준 모델의 경우 50~60분 주기로 제상운전이 요구된다. 이 기간 동안 평균난방능력은 15,000W, 소비전력은 5,250W로 평균 COP는 약 2.86 정도로 나타났다. 제상시간을 10분으로 가정하여 제상시간을 포함한 평균 COP를 계산하면 약 2.38이 된다.

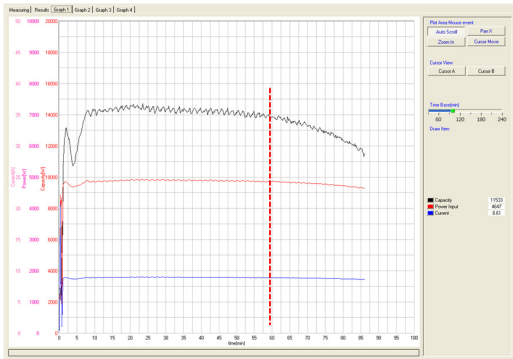


Fig. 2 Heating capacity of base model at frost condition

### 3.2 제상-난방 회로 적용 시험결과

Fig. 3(a), (b)는 제상-난방 회로를 적용하는 경우에 대한 난방능력 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 모든 실외기 코일 열을 증발기로 작동시키는 경우 제상-난방 회로를 작동시키지 않는 경우와 동일하게 평균난방능력은 15,000W, 소비전력은 5,250W로 평균 COP는 약 2.86로 나타났다. 20분 가동 후 COP가 약 2.0수준이 되도록 핫가스 바이패스 밸브와 1번 삼방밸브를 동작시켜 고온 고압의 냉매가 실외기 코일 1번열로 흐르도록 하여 응축기로 작동시키면 난방능력 감소에 상당하는 열량이 실외기 코일 1번열에 전달되어 실외기 코일 1번열에 착상된 서리가 제거된다. 5분간 제상-난방 회로를 작동시킨 후 작동을 중지하면 난방능력이 급속히 정상상태로 회복됨을 볼 수 있다.

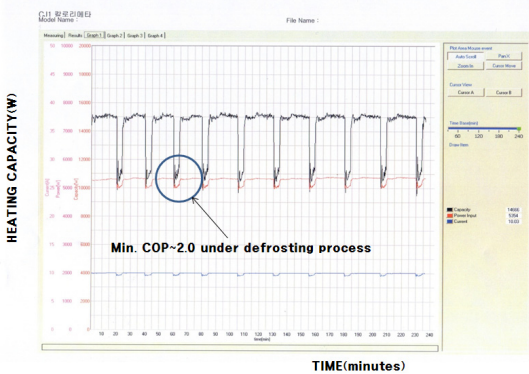


Fig. 3(a) Heating capacity of frost-heating model at frost condition

연속적으로 실외기 코일 모든 열을 증발기로 20분간 작동, 5분간 실외기 1개의 코일 열을 응축기로 교번하여 작동시킴으로서 난방능력의 저하 없이, 즉 일반적인 제상회로의 작동 없이 히트펌프를 280분간 연속 작동할 수 있음을 볼 수 있다. 따라서 평균 COP는 2.69가 된다. 그러므로 일반적인 역사이클 제상방법보다 COP를 13% 정도 향상시킬 수 있으며, 연속난방이 가능함을 알 수 있다. 본 연구에서 적용한 제상-난방 회로 적용시간 5분은 임의로 선정한 시간으로 아직 최적화된 시간은 아니다. 따라서 모든 실외기 코일 열을 증발기로 작동시키는 시간과 제상 난방회로 작동시간에 변화를 주면서 시험을 수행한다면 지금의 결과보다 훨씬 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

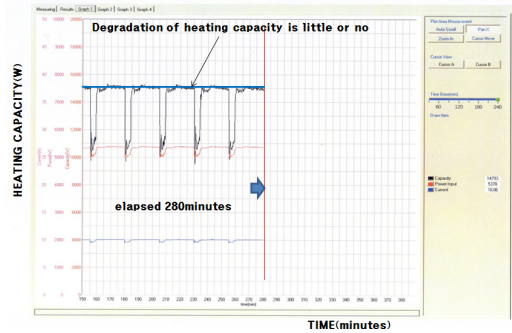


Fig. 3(b) Heating capacity of frost-heating model at frost condition

## 4. 결론

착상 시험조건(건구온도 2°C/습구온도 1°C)에서 착상 방지 및 난방이 동시에 가능한 제상-난방회로를 적용하여 착상 방지 및 COP 향상 효과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 일반적인 역사이클 제상운전 방법보다 제상-난방회로를 적용하는 경우 COP는 약 13% 향상되었으며 연속난방이 가능하였다.
- (2) 본 연구에서는 모든 실외기 코일 열을 증발기로 작동시키는 시간과 제상-난방 회로를 작동시키는 시간을 각각 20분과 5분으로 정하여 시험을 수행하였으나 시간을 변경시켜가며 최적의 운전 조건을 도출시키기 위한 향후 연구가 요구된다.

### References

- (1) Y. Xia, Y. Zhong, Y., P. S. Hrnjak, and A. M. Jacobi, "Frost, defrost, and refrost and its impact on the air-side thermal-hydraulic performance of louvered-fin, flat-fin tube heat exchanger", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 29, pp. 1066-1079, 2006.
- (2) Y. S. Chang, and S. Y. Oh, "An experimental study on the frost prevention of heat exchanger by spreading antifreezing solution", *Proceedings of the summer spring annual conference of the KSME*, pp. 2148-2153, 2005.
- (3) D. W. Nutter, and D. L. O'Neal, "Shortening the defrost cycle time with active enhancement within the suction-line accumulator of an air-source heat pump", *Symposium AES-ASME international Mechanical Engineering Congress and Exposition*, Vol. 36, pp. 59-68, 1996.
- (4) C. D. Jeon, "Heat pump", *Korean Intellectual Property Office*, 10-2010- 0070410, 2010.
- (5) KS C 9306, "Air conditioner", 2002.